

飛沫侵入を従来型の10%未満に 低減したフェイスシールド

福岡大学 工学部 機械工学科

助教 赤木 富士雄

2023年5月30日



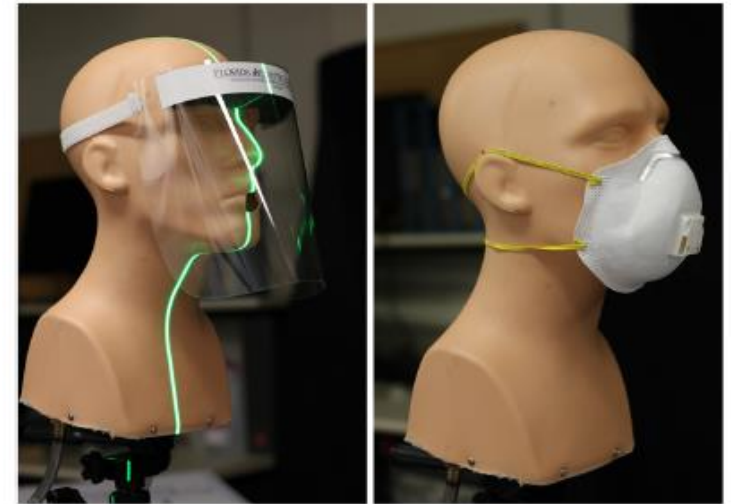
人をつくり、時代を拓く。

福岡大学

【COVID19 等によるパンデミック】

- 医療従事者の感染症対策が課題
- 感染症対策：目・鼻・口の保護

N95マスク + フェイスシールド
or ゴーグル



フェイスシールド 医療用マスク

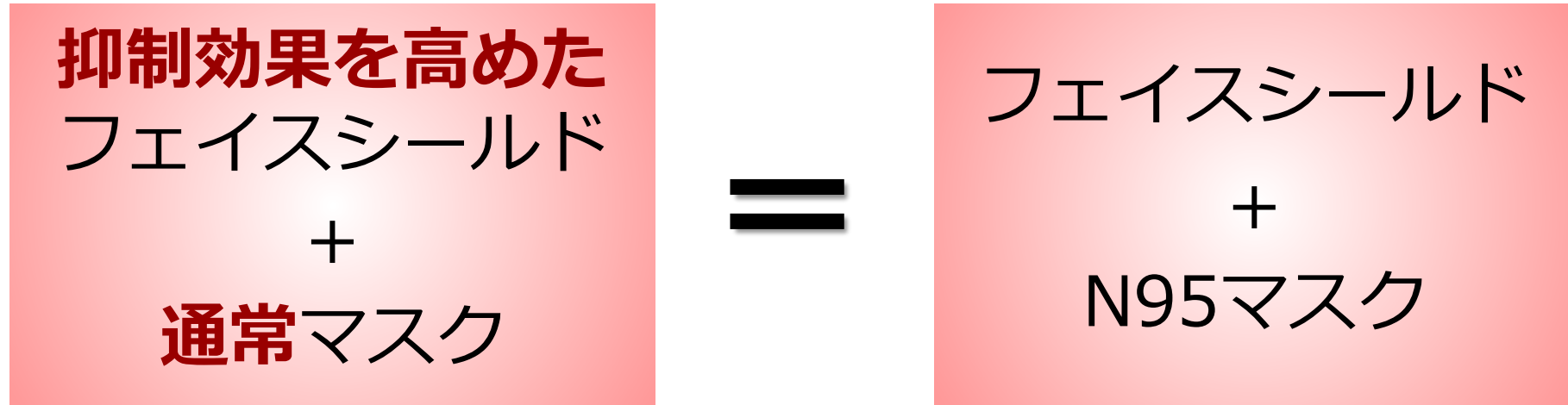
引用：Siddhartha, et al., Phys. Fluids
32,091701(2020)

【課題】

- N95マスク：高機密性による弊害「息苦しい」「蒸れ易い」
➡ **肉体的負担大** ➡ 医療の質の低下の懸念
- ゴーグル：露出部が広い ➡ **ウイルス付着**のリスク
- フェイスシールド：飛沫侵入の可能性 ➡ **吸引**のリスク

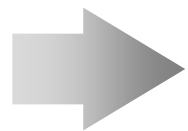
開発目的

【解決アイデア】フェイスシールドの飛沫侵入の抑制促進



【開発目的】

飛沫侵入の抑制効果を従来型の2倍以上に高めN95マスクを使わない新形状のフェイスシールドの開発



- 医療従事者の負担軽減
- 医療の質の維持への貢献

Step1: 従来型フェイスシールド（FS）の抑制効果の検証
および飛沫の侵入経路の解明



Step2: 改良ポイントの明確化



Step3: 抑制効果を促進できる新形状の考案



Step4: 抑制効果の検証

Step1:従来型FSの抑制効果の検証

【検証条件】FS装着者の前面 1m の感染者のくしゃみを浴びた場合

【検証その1: 実験】

- くしゃみ・呼吸の波形は、一般成人男性を想定
- 疑似飛沫（平均径0.5 μ mのオイルミスト）で挙動と吸引量を評価

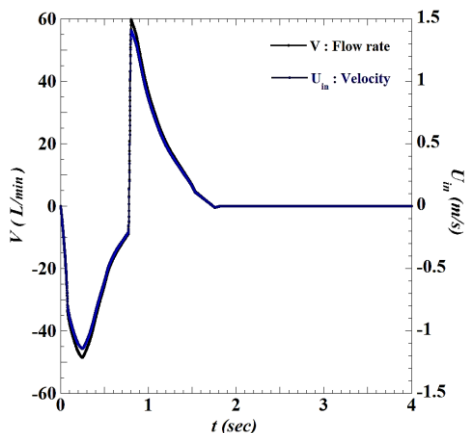
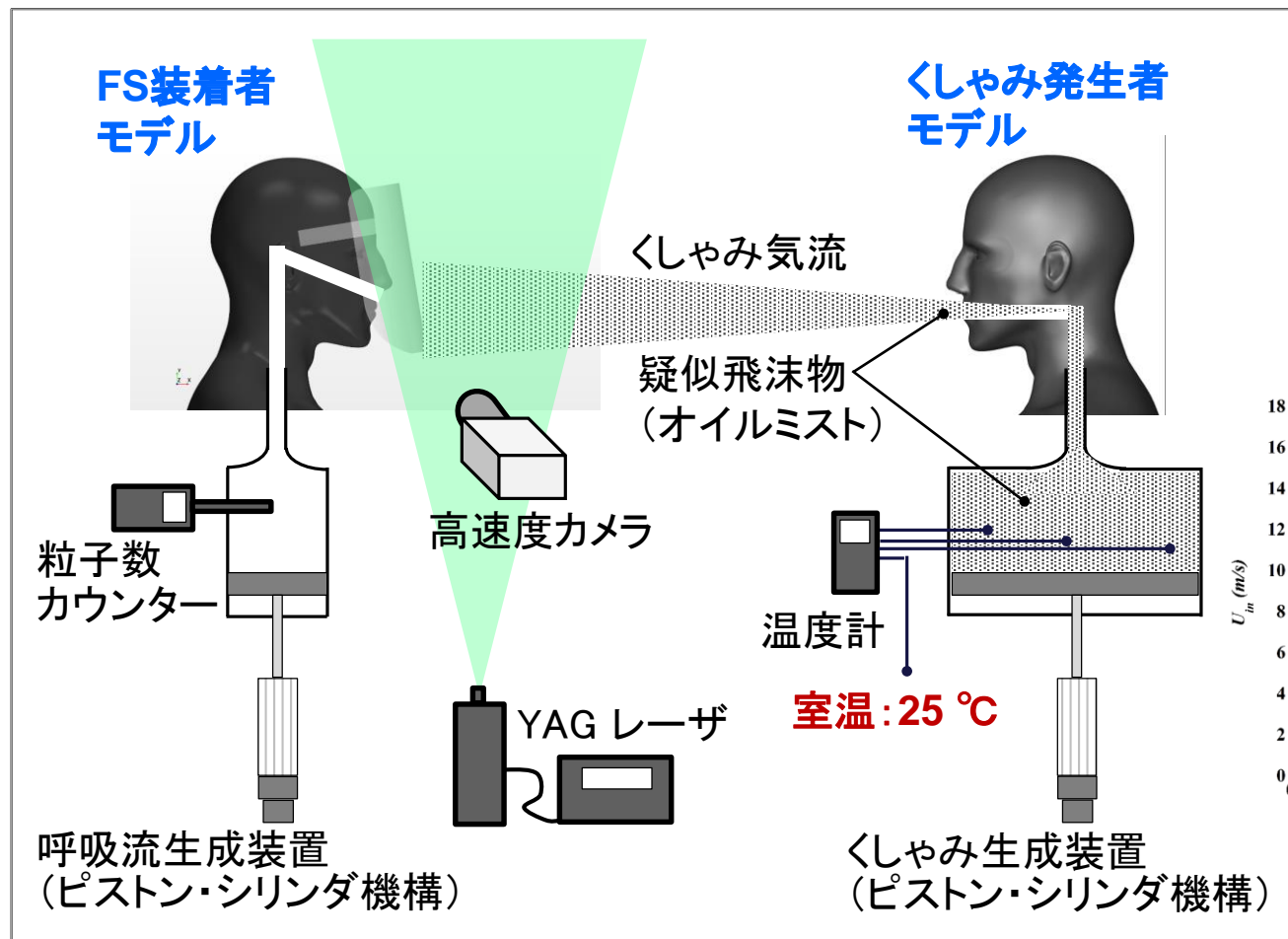


図. 呼吸波形



流速波形を変えれば
咳や会話も
再現可能

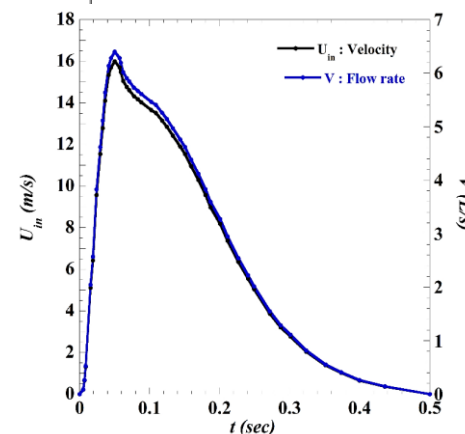


図. くしゃみ波形

Step1:従来型FSの抑制効果の検証

【検証その2: 数値シミュレーション】

- 実験条件を再現して、FS周囲の流動および飛沫挙動を詳細に解析

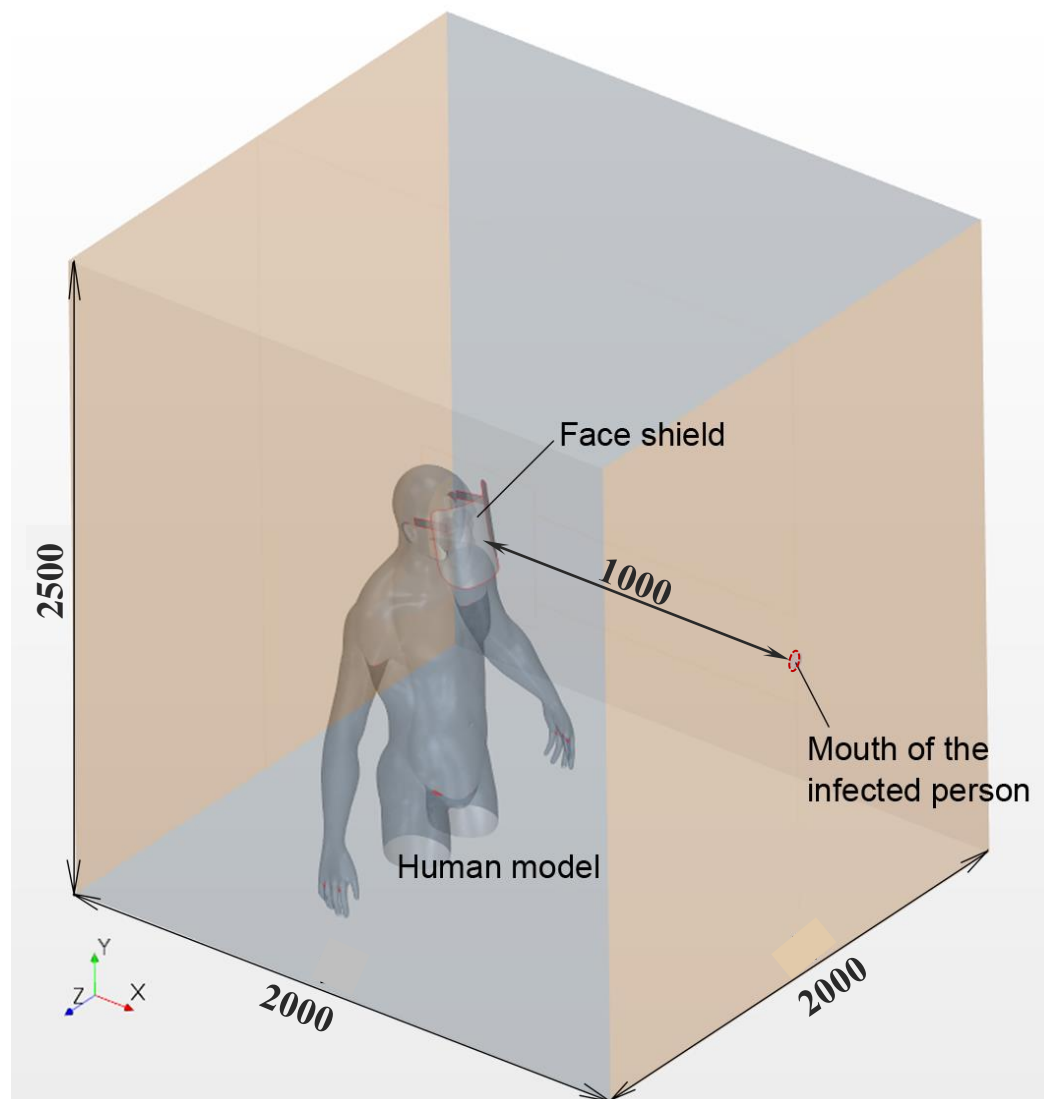


図 計算空間の概略図

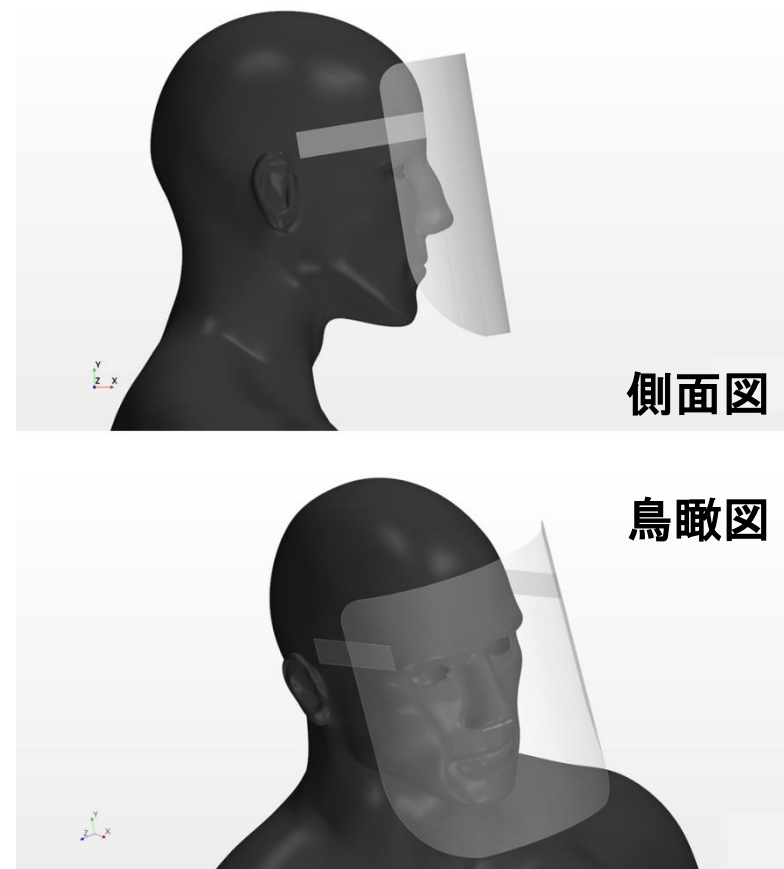


図 フェイスシールドモデル

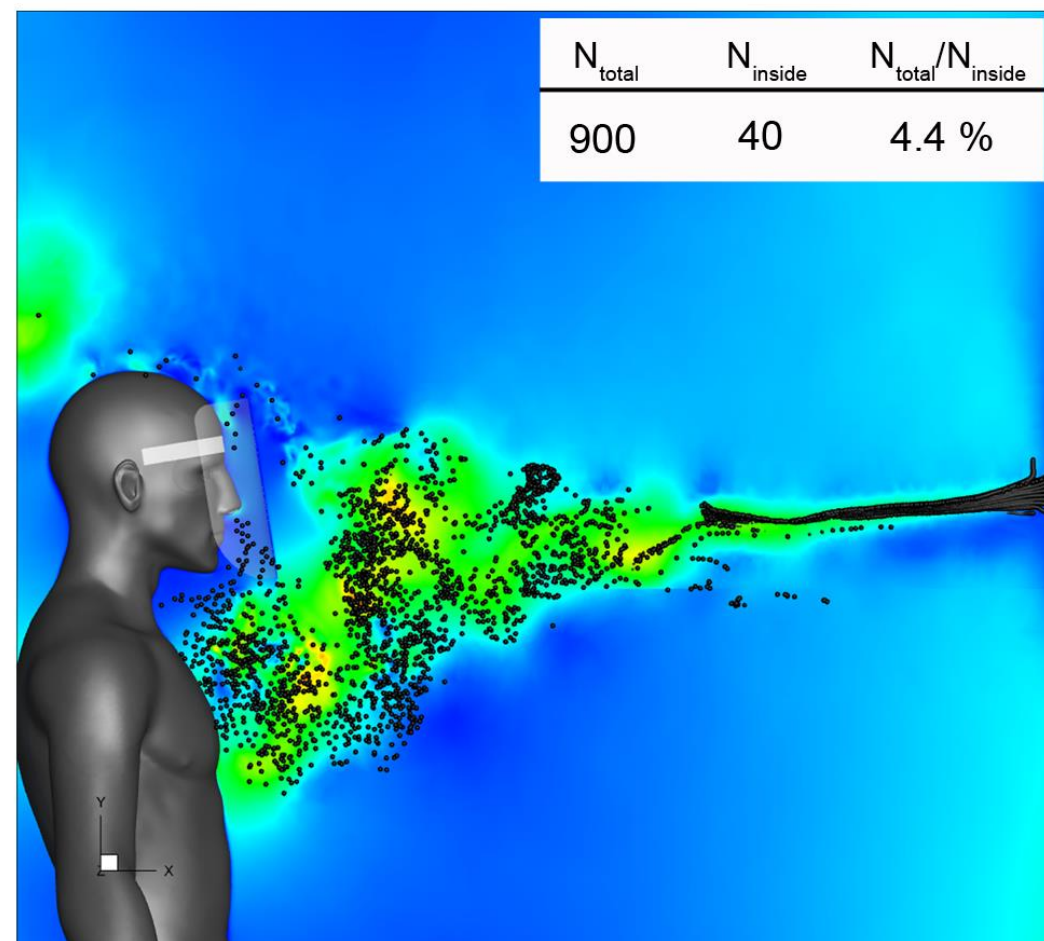
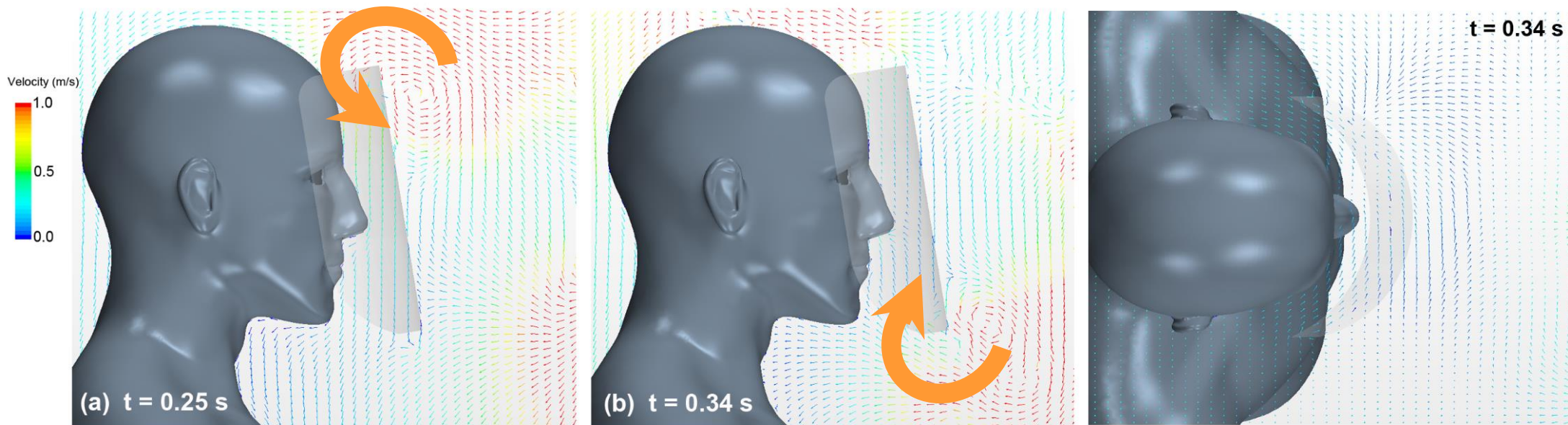


図 くしゃみ流の速度分布

- くしゃみ流はシールド上下に分流
- 上方の流れは頭頂部を超えて後方へ移動、この流れが運ぶ飛沫量は少ない
- 下方の流れはのどから胸にかけて衝突、この流れが運ぶ飛沫量は多く、多数が胸元に滞留
- くしゃみ流の到達後に呼吸の吸気を行った場合は飛沫物を吸引（排出量の4.4%）



(a) 上方流の到達時：垂直断面

(b) 下方流の到達時：垂直断面

(c) 下方流の到達時：水平断面

図 フェイスシールド周囲の流動状態

- シールド上・下端では、くしゃみ流の到達時にシールド内部へ巻き込む流れが生じる（上端部で約 **1m/s**、下端部で約 **0.5m/s**）
- シールド側面でもシールド内部に巻き込む流れが見られるが、速度は非常に低い

ポイント ■ 侵入経路はフェイスシールドの上・下端部

■ シールド下端部には大量の飛沫（=ウイルス）が滞留・付着

Step1 実験による飛沫の評価結果



動画 フェイスシールド周囲の飛沫の挙動

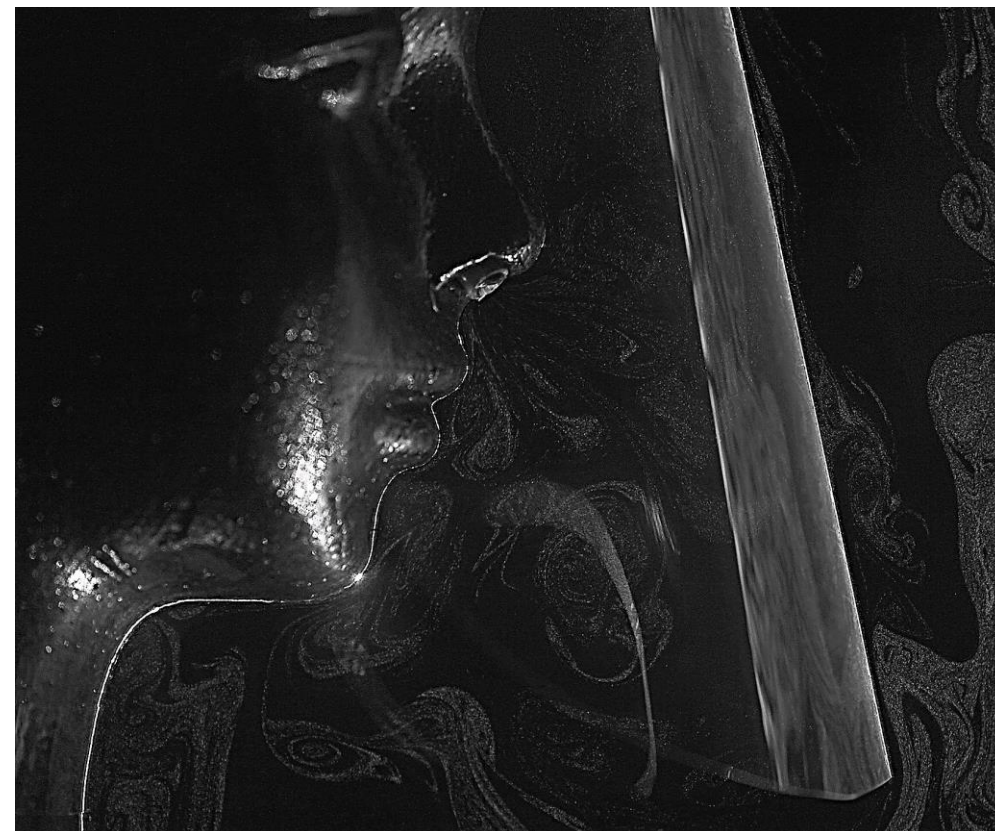
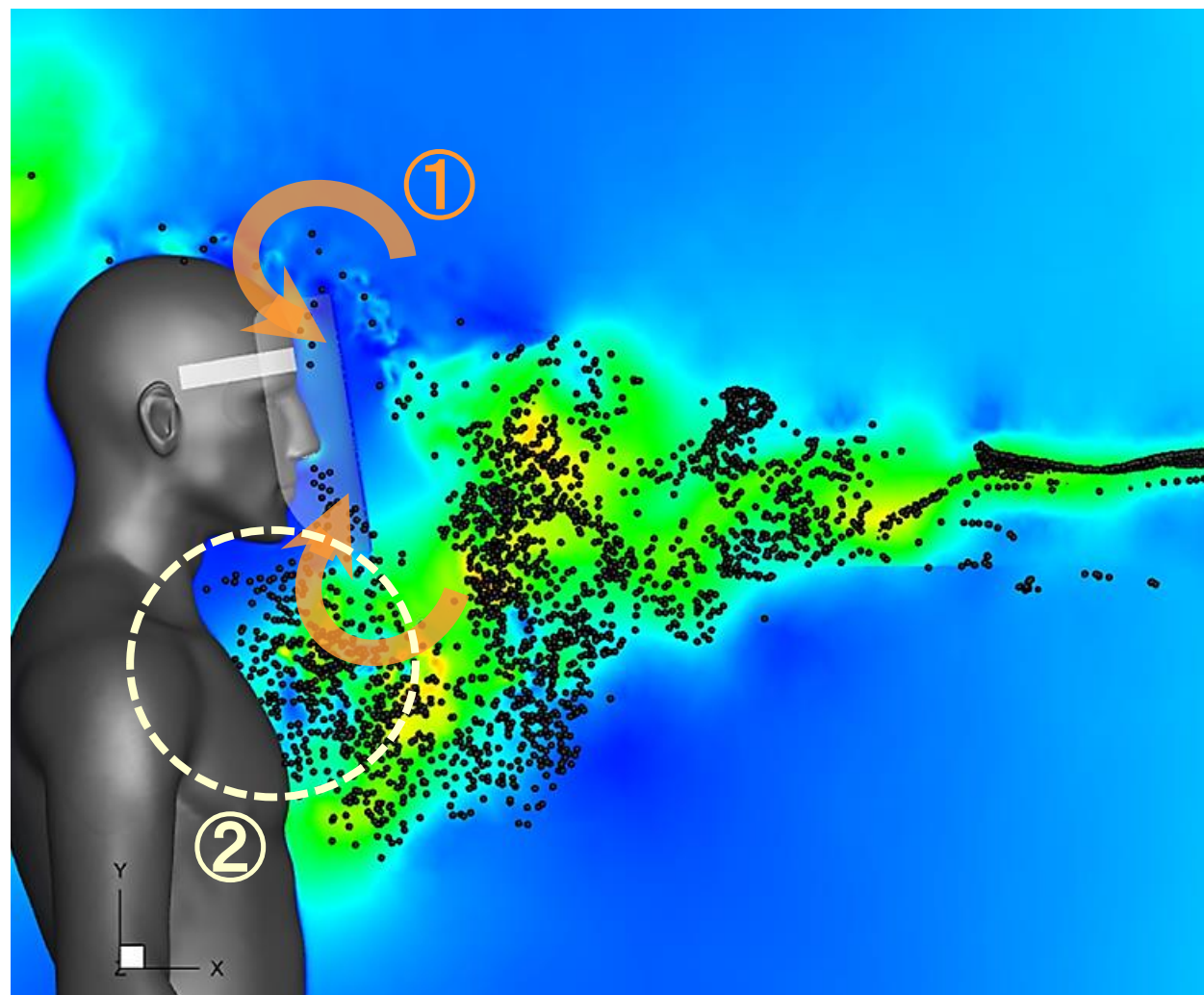


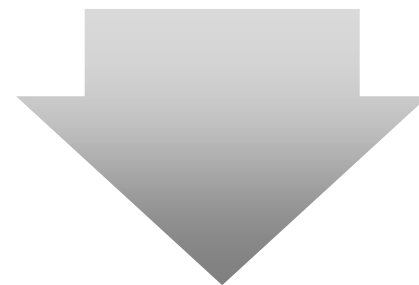
図 呼吸の吸込期間と飛沫の流入が重なり
飛沫を吸引している瞬間

- くしゃみ流はシールド上・下端より内部へ流入する
- 下端からの流入による飛沫量の方が上端からの飛沫量よりも多い
- くしゃみ流の到達後に呼吸の吸気を行った場合は飛沫を吸引する
- 数値シミュレーション結果は実験結果と一致する（=シミュレーション結果は正しい）

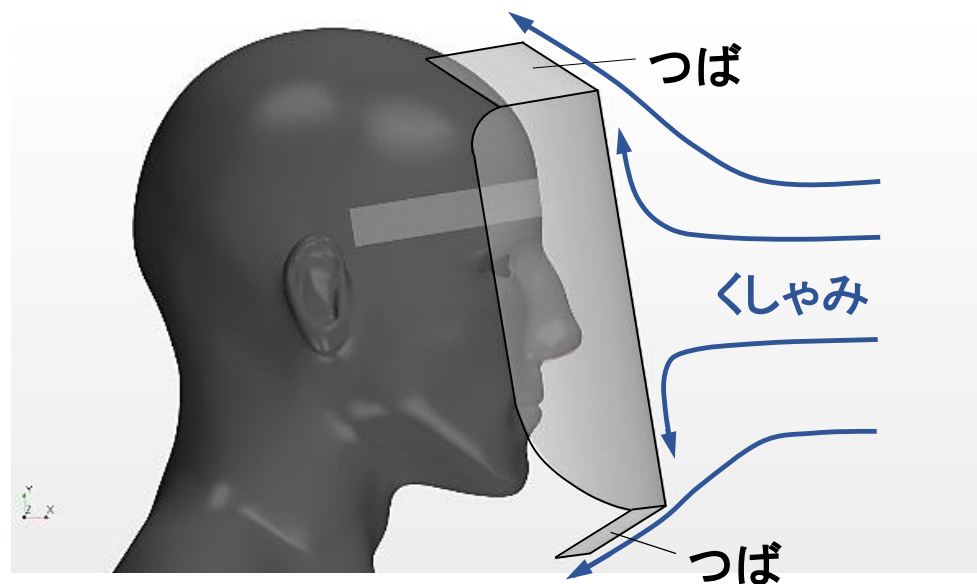


改良ポイント

- ① シールド上・下端からの巻き込み流の防止
- ② シールド下端での飛沫の滞留防止

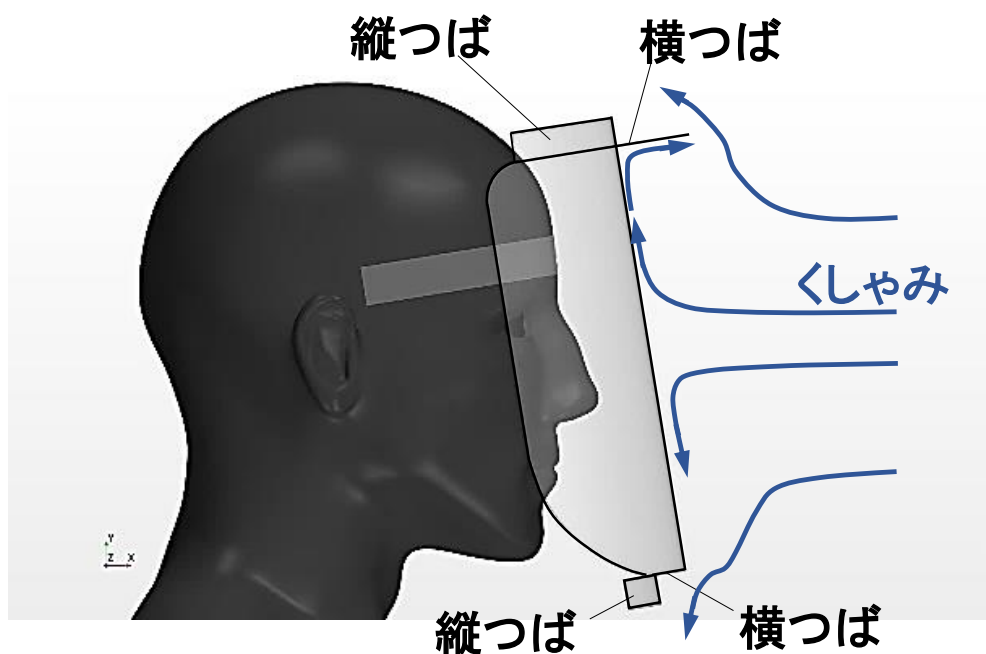


- くしゃみ流が流入し難い「シールド上下端形状」の提案
- くしゃみ流を利用した飛沫の「流入抑制」制御



Type I

- シールドの上下端に「つば」を任意の角度で設置
- 飛沫を含んだくしゃみ流を頭上方向、および顎下方向に誘導することでシールド内への流入を抑制する意図

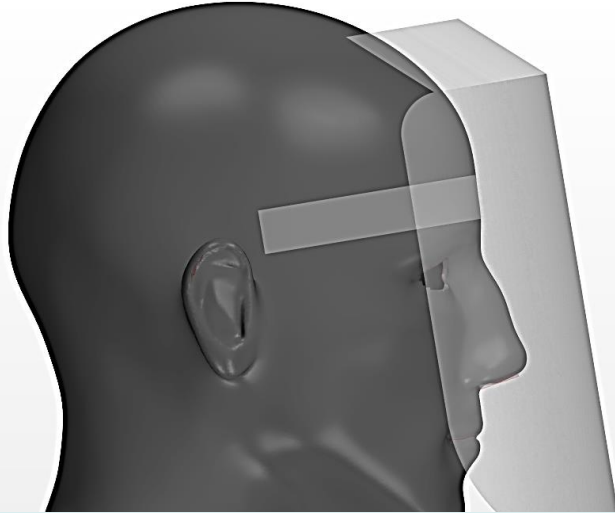


Type II

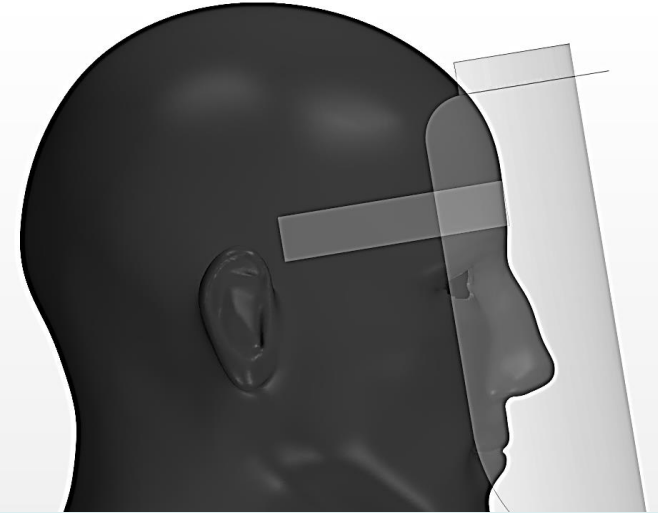
- 2種類の「つば」を組み合わせて設置
- くしゃみ流の先頭の流動を「横つば」によって前方に転向させることで、後から到達する飛沫の流入を抑制する意図

Step3 抑制効果を促進できる新形状の考案

Type I

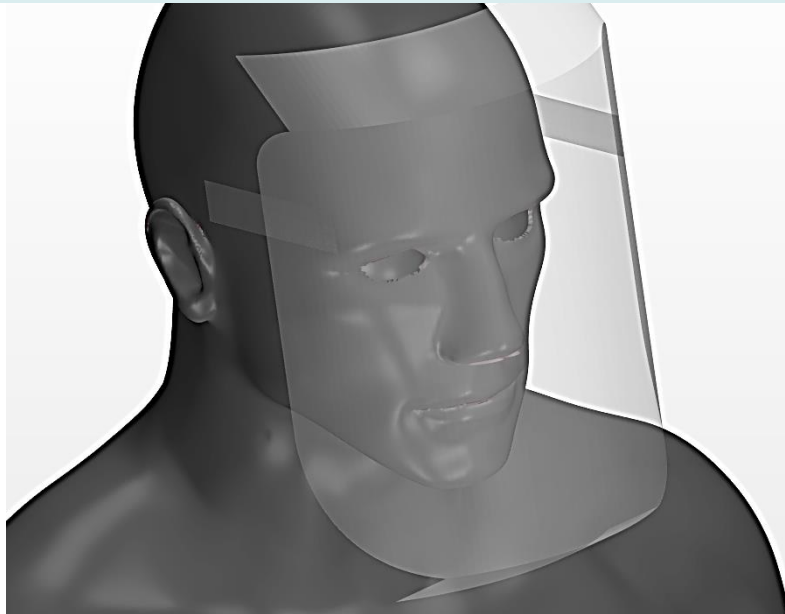


Type II

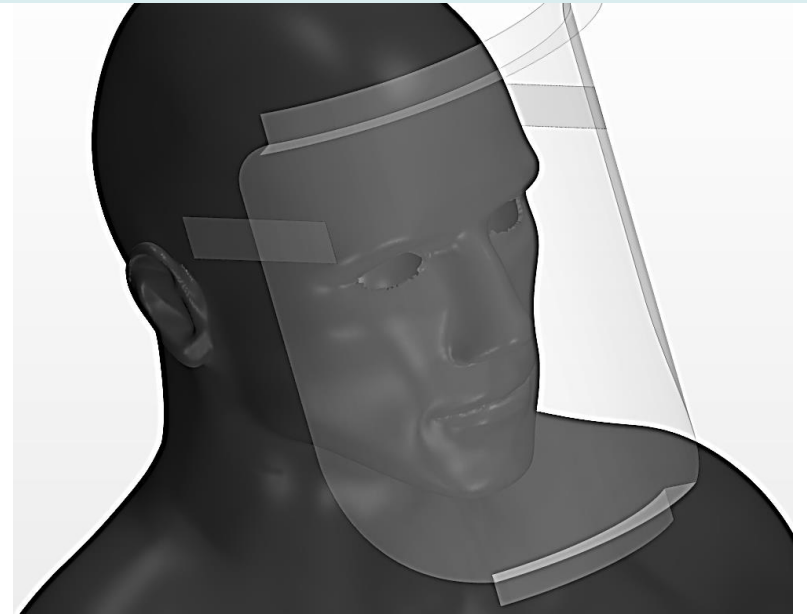


側面図

つば (鋸) をもって ツバ (唾) を制す



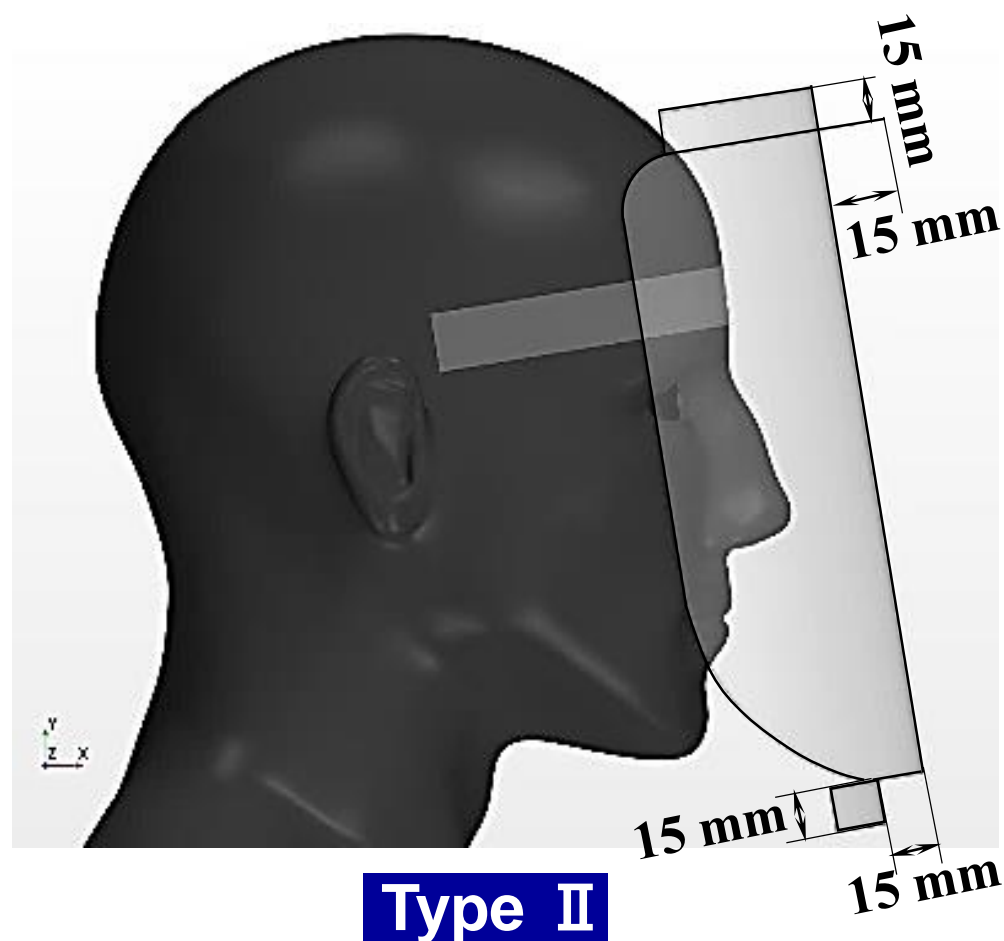
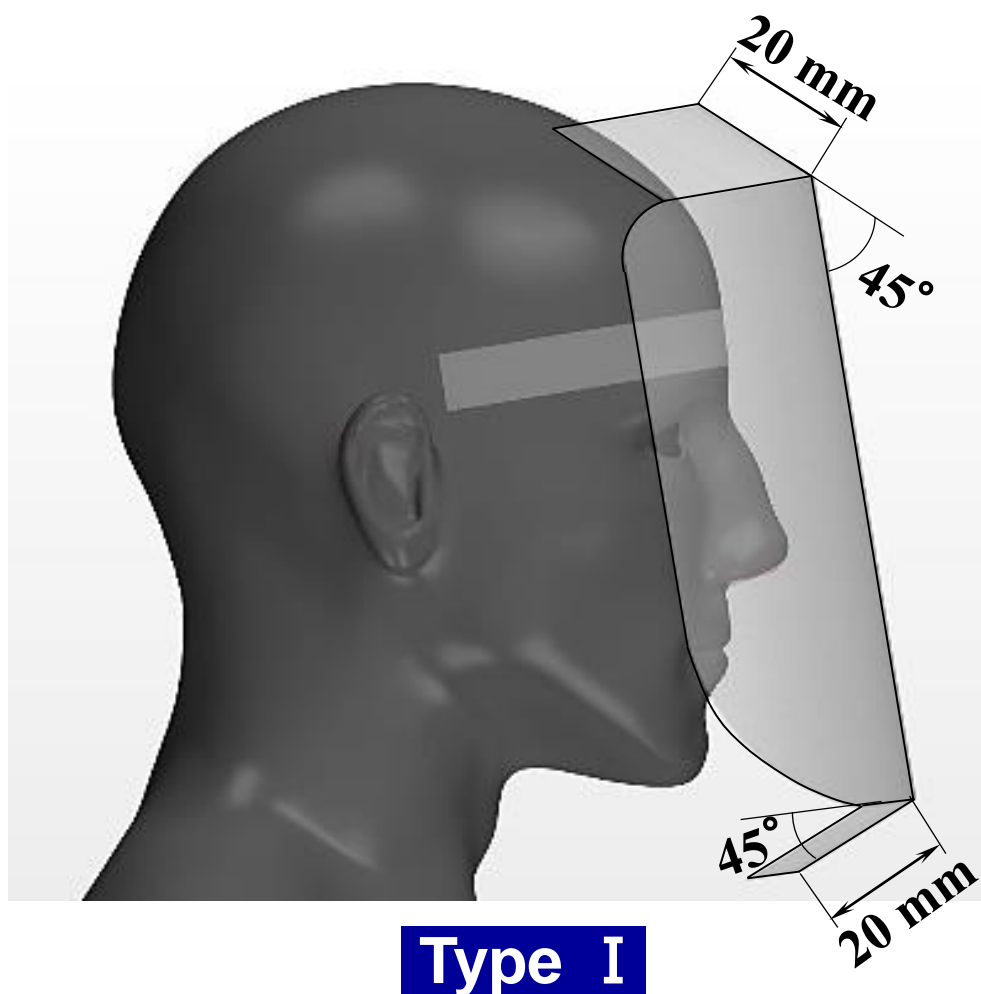
鳥瞰図



Step4 : 新型FSの抑制効果の検証

【条件】 FS装着者の前面 **1m** の感染者のくしゃみを浴びた場合

【方法】 通常FSの検証と同じ方法を用いて
実験 と **数値シミュレーション** の両方で検証



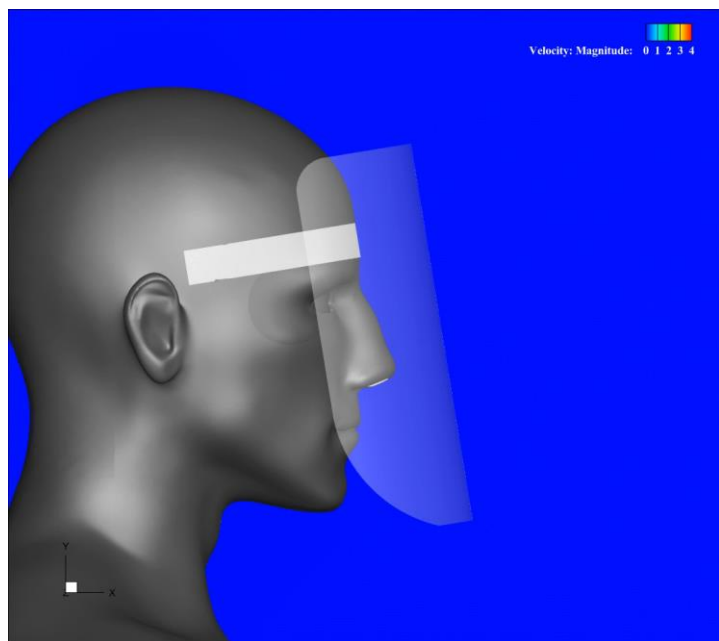


図 通常形状

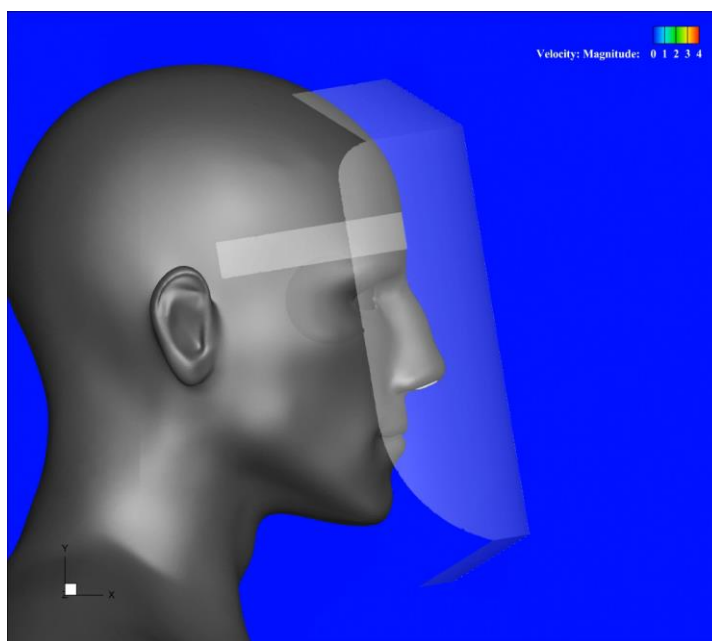


図 Type I

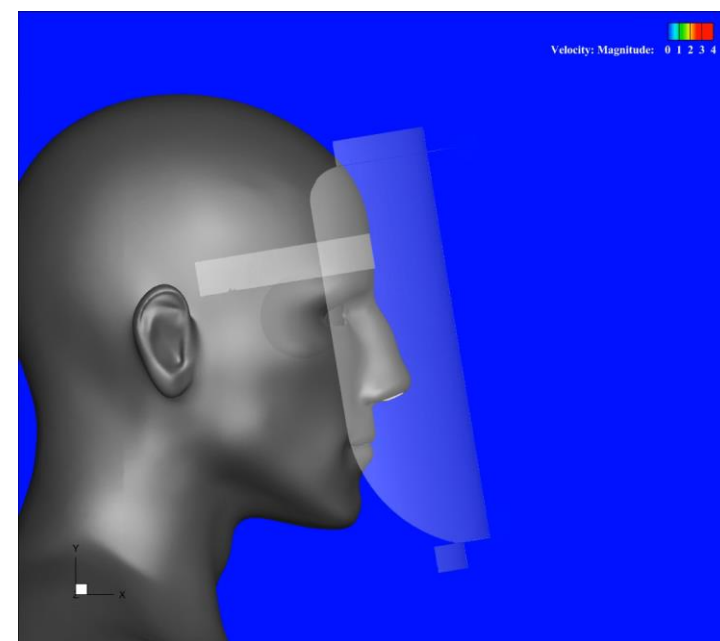
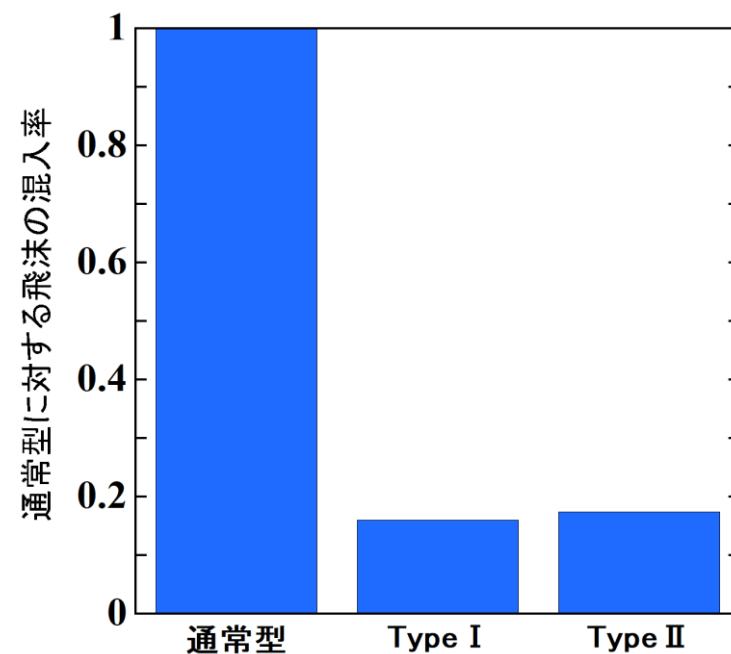
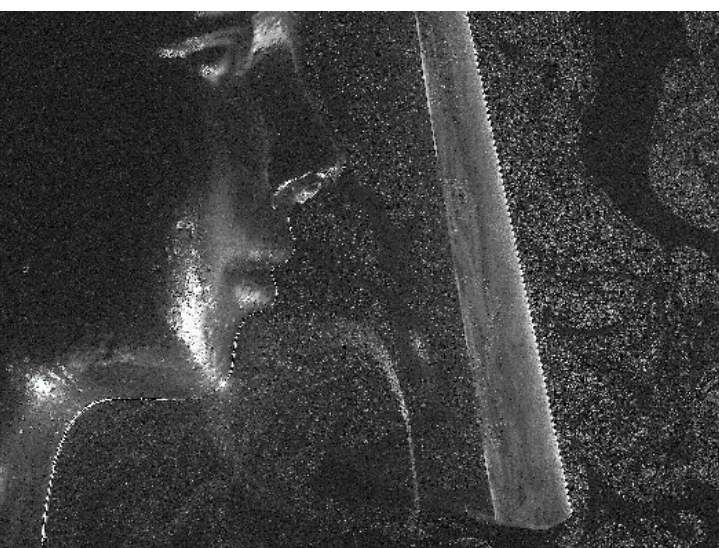
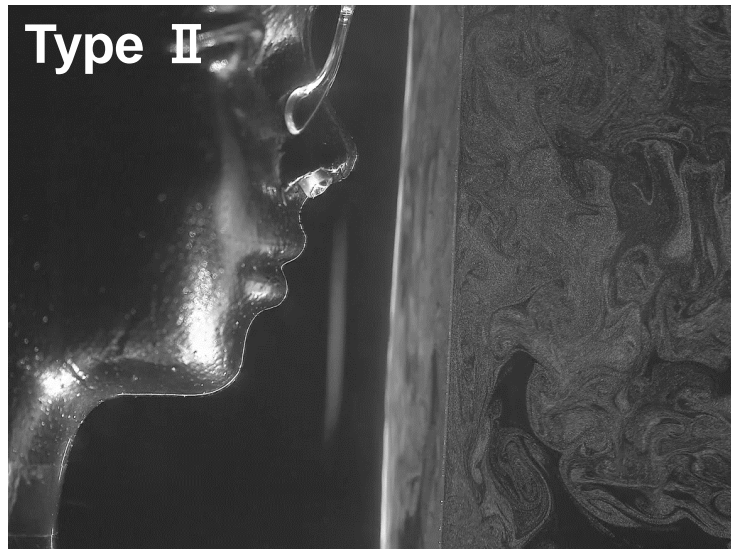
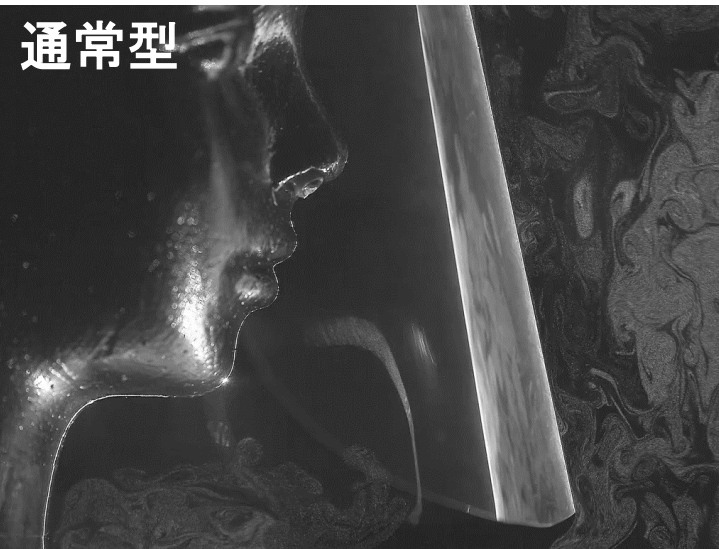


図 Type II

- シールド端形状によって、シールド上・下部のくしゃみ流動が変化しており、流れを意図通りに制御可能
- この流れ制御により、シールド内への飛沫の流入数を **80%以上** 低減できることを確認
- Type I・IIによる飛沫流入の抑制効果は
つば寸法 および 設置角度
の最適化によってさらに向上できると予想



Step4 : 実験による検証結果



流入数 : 281 個/cm²

流入数 : 39 個/cm²

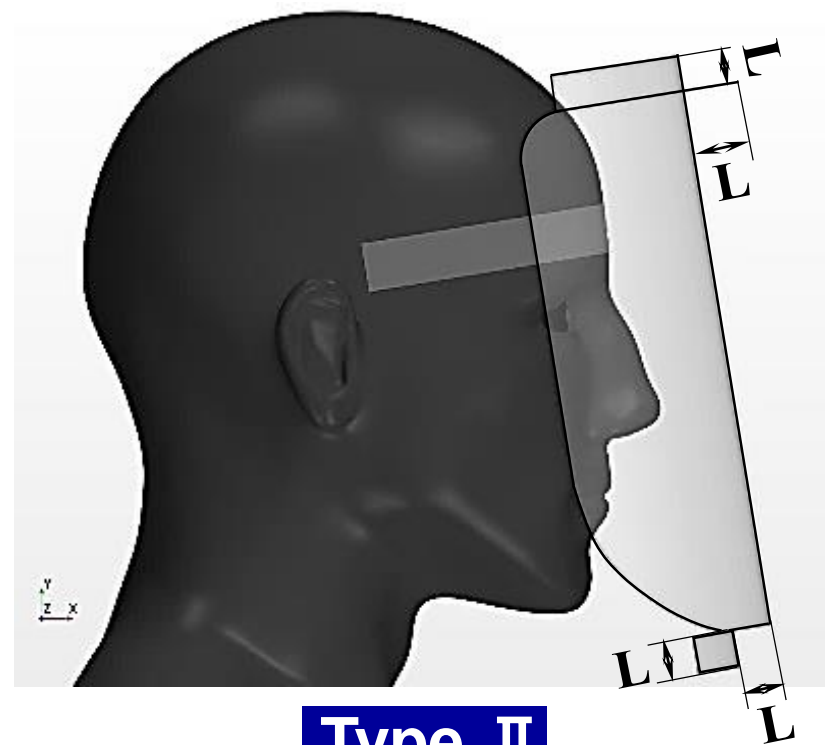
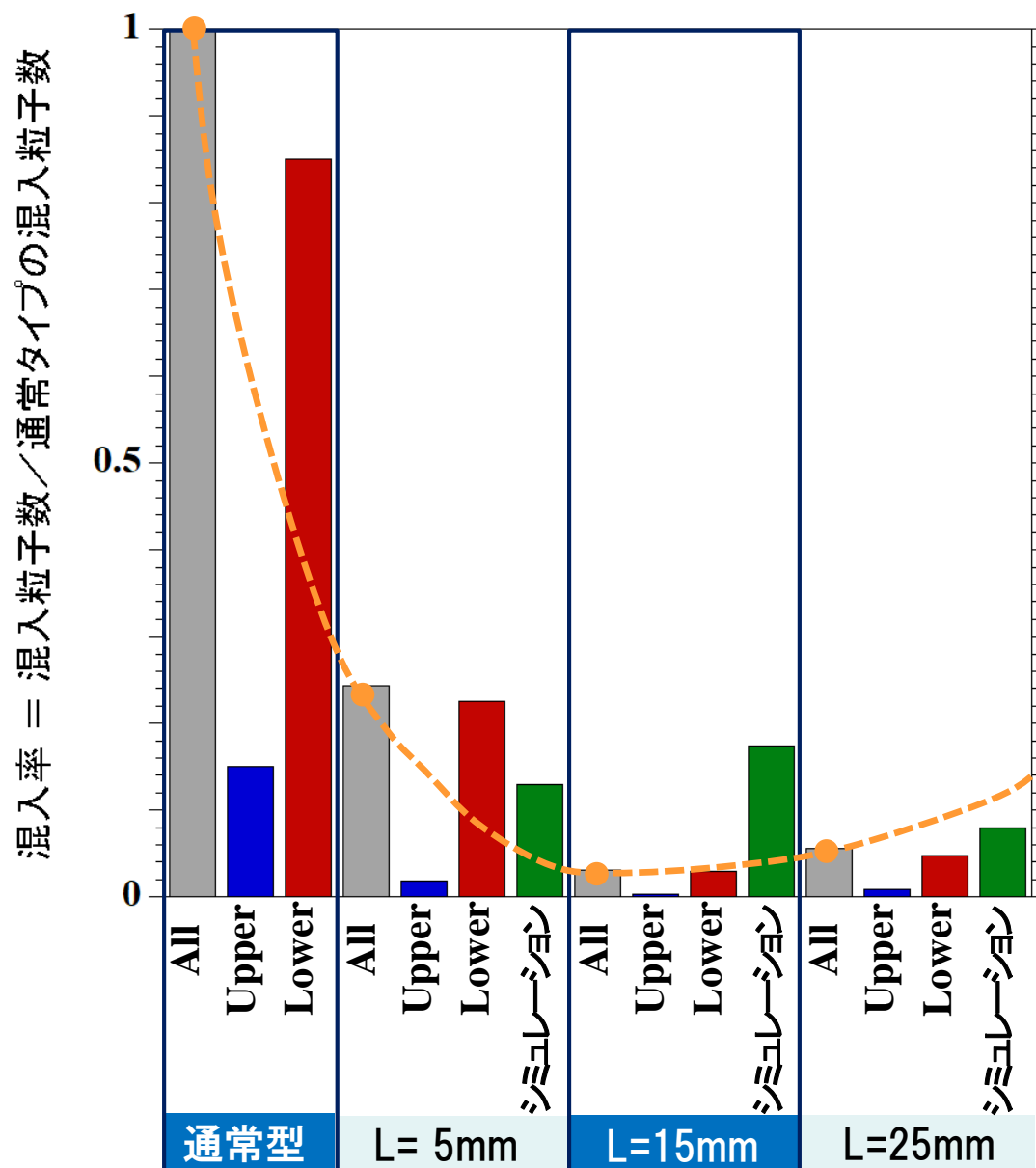
流入数 : 13 個/cm²

通常タイプの流入数
と比較すると

低減量 86%

低減量 95%

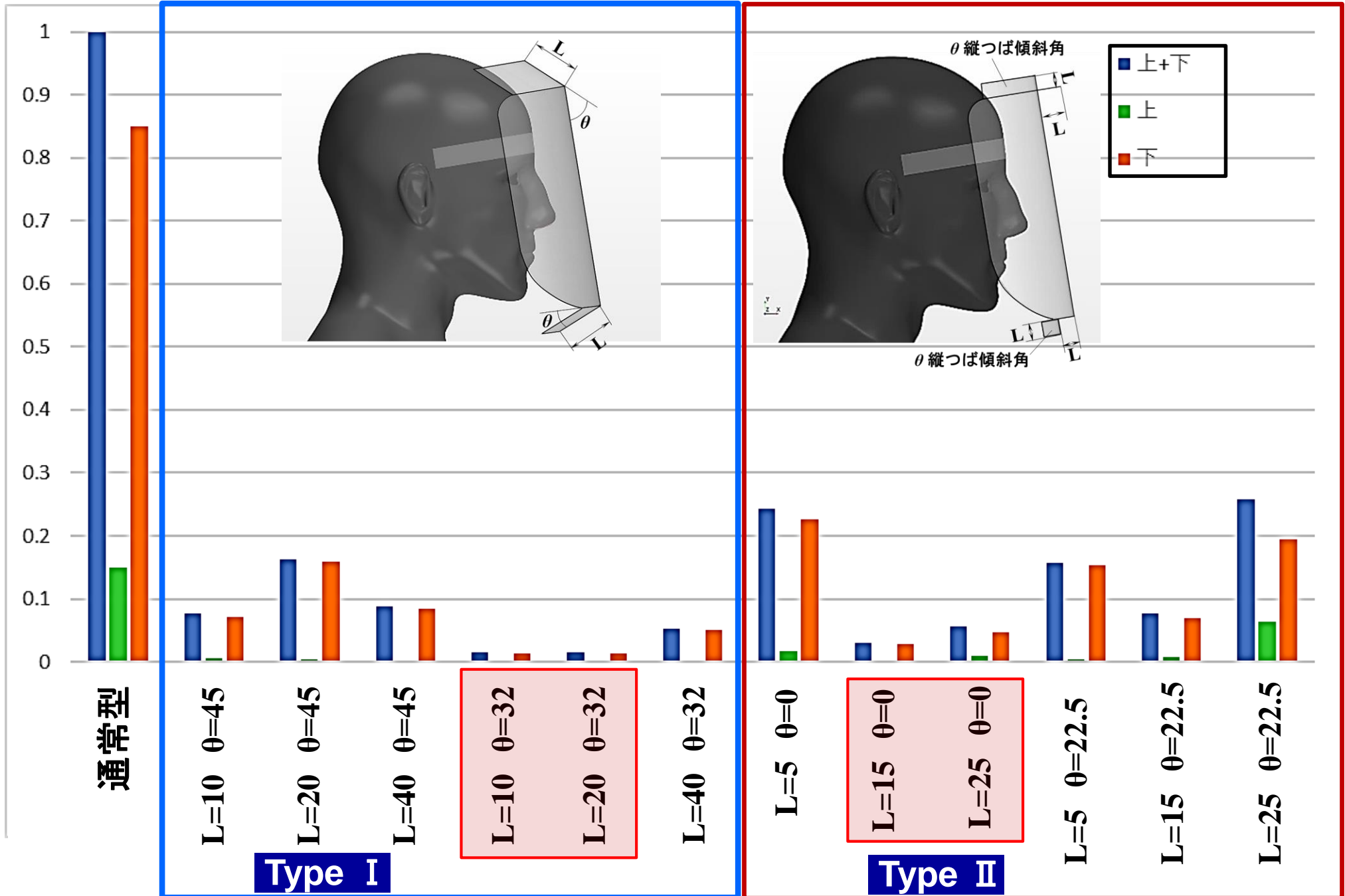
Step4 : つばの条件の最適値の検討



Type II

- つば寸法によって、低減効果は85%から96%の範囲で変化
- 最適と思われる条件が存在
- 低減量に関するシミュレーション結果は、実験結果と誤差の範囲で一致

Step4 : つばの条件の最適値の検討



FS装着者の前面 1m の感染者のくしゃみを浴びた場合

- 提案するつばを有した新型のフェイスシールドは、シールド上・下端部のくしゃみ流動の制御が可能となり、これによりくしゃみ流のシールド内への流入抑制を実現できる
- つばの形状および設置条件により流れ制御の効果は変化し、最適な設置条件ではシールド内への飛沫の流入数を従来型より **90%以上** 低減できる

感染者がFS装着者の前面以外の位置に居た場合

- FS装着者の前面と感染者とのなす角が大きくなる（斜め方向からくしゃみを浴びる）と、飛沫の流入数は徐々に増加するが、なす角が **45°以下** であれば従来型より **60%以上** 低減できる

装着者のFSの装着角度が及ぼす影響

- 装着時のシールド面と装着者のなす角と抑制効果の関係は下記となる
 - 0～15° : 80%～90%以上 （**15°の条件**で抑制効果が最大）
 - 15° 以上 : 角度の増大と共に抑制効果は低下する

- 従来型フェイスシールドの上下端部の形状のみを改良する簡便な方法で、飛沫の流入抑制効果を大幅に向上することに成功した
- 新型フェイスシールドは、患者のくしゃみや咳を近距離で浴びた場合でも、飛沫の侵入がこれまでより90%以上抑えられる。
- このフェイスシールドを併用すれば、通常マスクの予防効果も向上するので、N95マスクが不要で装着者の負担軽減とリスクの軽減の両立が実現できる。

- 医療機関における医療従事者および受付・事務業務の感染予防対策
- 福祉関係の従事者および高齢者の感染予防対策
マスクを使わない事で表情によるコミュニケーションが可能
- 粉塵や化学薬品等を取り扱う工場などでの作業者の吸引防止対策
- 端部形状のみをアフターパーツとすれば従来型にも使用可能

- 量産化に向けた成型方法の確立
- コストと質のバランス



企業様への期待

- 量産品の試作については、シールドを真空成型するための金型を所有しており提供可能
- 真空成型の技術を有し、かつ販路開拓が可能な企業様との共同開発を希望
- なお、上記条件に捉われず、本技術を用いた開発を希望される企業様とは柔軟に対応させていただきます

- 発明の名称 : フェイスシールド
- 出願番号 : 特願2020-172751
- 出願人 : 学校法人福岡大学
- 発明者 : 赤木 富士雄、稲毛 真一、
秋吉 浩三郎、原賀 勇壮、
堀端 篤、光永 敏勝、八箇 学
- 意匠登録 1691723、1691724、1691725、
1691726、1691727、1691728
- 発行日 : 令和3年8月2日

■ 本フェイスシールドの抑制効果に関する論文発表

- Effect of Sneezing on the Flow Around a Face Shield, Fujio AKAGI, Isao HARAGA, Shin-ichi INAGE, Kozaburo AKIYOSHI, **Physics of fluids**, 2019, 32/12 **【Featured article】**
- Effect of Face Shield Design on the Prevention of Sneeze Droplet Inhalation, Fujio AKAGI, Isao HARAGA, Shin-ichi INAGE, Kozaburo AKIYOSHI, **Physics of fluids**, 2020, 32/3

■ 本フェイスシールドに関する報道

- New York Post, Science Times, HuffPost, Metro etc
- 毎日新聞、共同通信社 など



- 平成23年度 福岡県産業・科学技術振興財団研究FS事業 採択
- 平成24・25年度 公益財団法人 原田記念財団 採択
- 平成25年度 日本私立学校振興・共済事業団 学術研究振興資金 採択
- 平成27年度 福岡県産業・科学技術振興財団研究FS事業 採択
- 平成29年度 一般財団法人九州産業技術センター 九州地方成長戦略(九州Earth戦略)に基づくイノベーション創出事業 機械工学振興チャレンジ研究調査 採択
- 平成24年度～現在 5社の企業様との共同研究（各複数年契約）の実施経験あり

福岡大学 研究推進部 産学官連携センター

T E L : 092-871-6631

F A X : 092-866-2308

e-mail : sanchi@adm.fukuoka-u.ac.jp